



# MENDEL

<http://mendel-projekt.de>

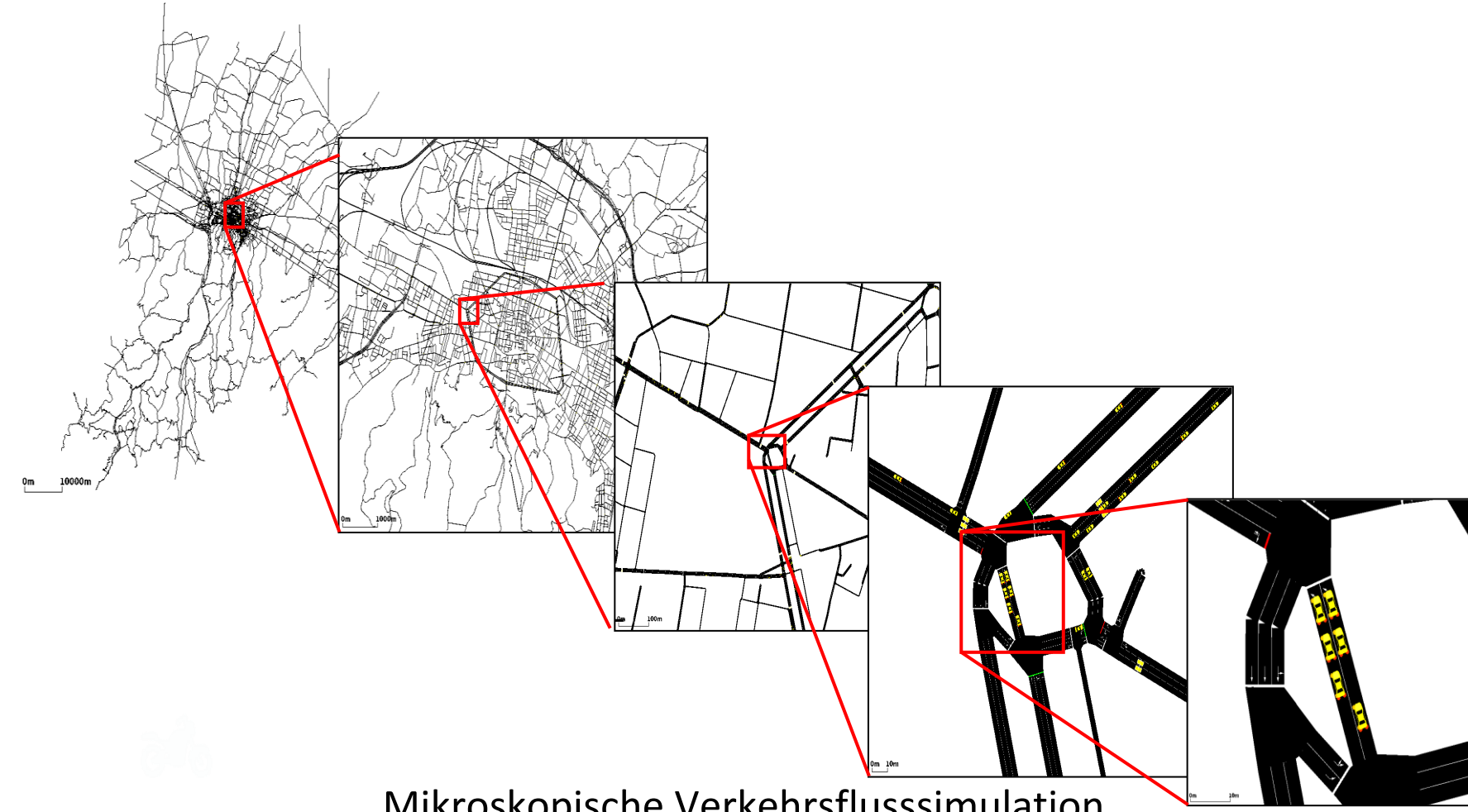
## Minimale Belastung elektrischer Netze durch Ladevorgänge von Elektrobussen

Teilprojekt »Smart Grid«

### Simulation einer elektrifizierten Busflotte mit SUMO

#### (1) Überblick

SUMO ist eine mikroskopische Verkehrssimulation, die seit 2001 vom DLR entwickelt wird. Die Kernfunktion von SUMO ist die exakte Modellierung und Simulation von Verkehr in Städten in Echtzeit.



Mikroskopische Verkehrsflussimulation

Hierbei kann eine Vielzahl unterschiedlicher Modi abgebildet werden:

- Pkw
- Güterverkehr
- Öffentlicher Verkehr
- Schienenverkehr
- Radverkehr
- Fußgänger

SUMO ist ein OpenSource-Projekt, das seit seiner Entwicklung eine stetig wachsende internationale Nutzer-Community hat.

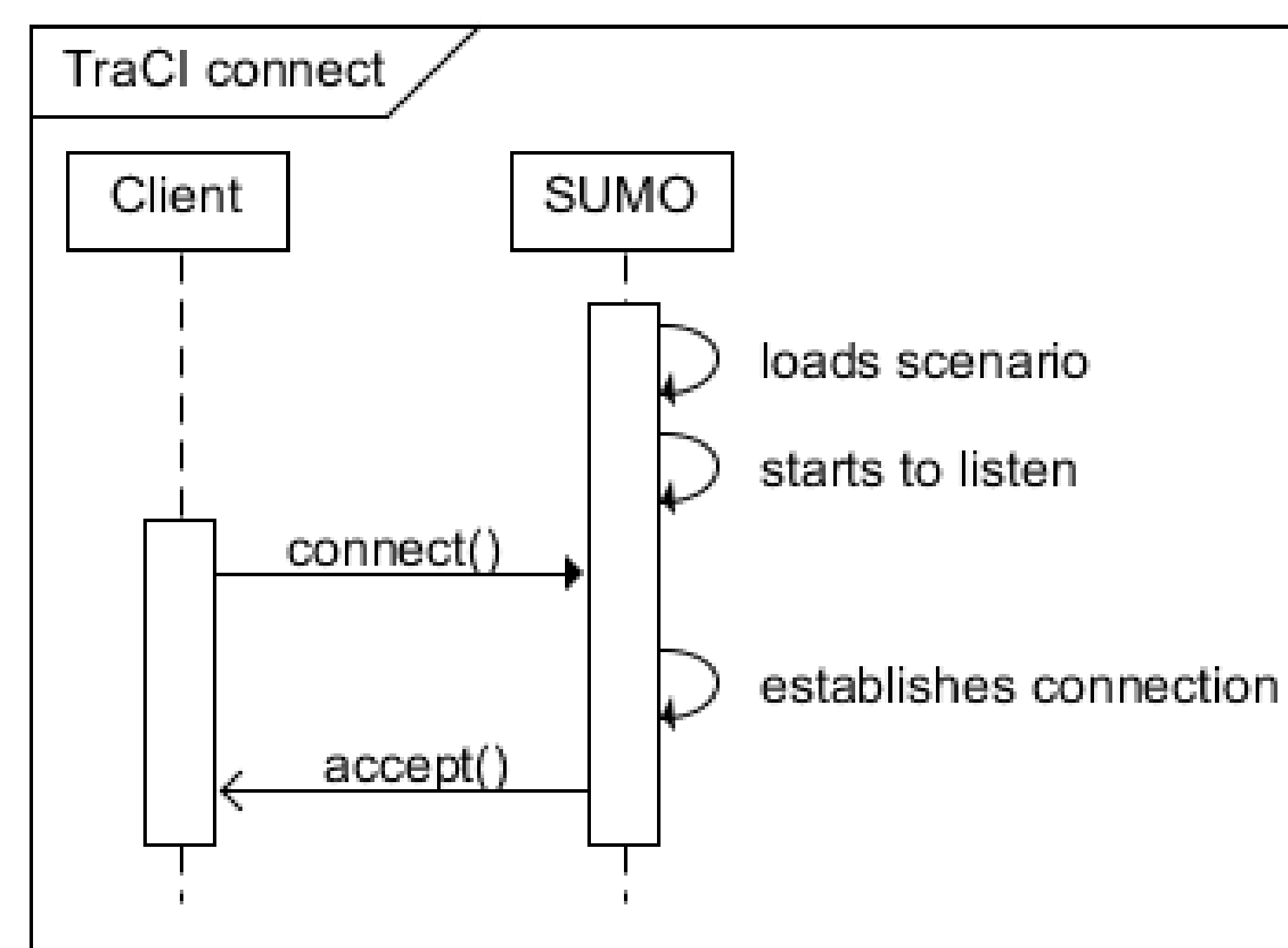
#### (2) Anwendungen

- Planung und Evaluation
  - Verkehrsmanagement
  - Infrastrukturvorhaben
  - Öffentlicher Verkehr
  - Neue Technologien (z.B. V2X)
- Verkehrsprognose
- Datenfusion
  - Verkehrsmonitoring
- Optimierung
  - Lichtsignalanlagen (LSA, Ampeln)
  - Routing
  - Umweltwirkungen

#### (3) TraCI

Das „Traffic Control Interface“ (TraCI) bietet die Möglichkeit zur on-line Interaktion mit Objekten in der Simulation. Es können sowohl Werte abgefragt werden, z.B. Positionen von Fahrzeugen oder Schaltzustände von LSAs, als auch deren Verhalten modifiziert werden.

TraCI bietet die Möglichkeit, über verschiedene Programmierschnittstellen, z.B. in Java und Python, auf die Simulation zuzugreifen. Dadurch ist es ebenfalls möglich, andere Simulationsumgebungen mit SUMO zu koppeln und Informationen zwischen mehreren Simulationen auszutauschen.



Ablaufdiagramm für das Herstellen einer TraCI-Verbindung

#### (5) Anwendung im Projekt

Für die Simulation des täglichen Verkehrs in Braunschweig wurde ein Szenario generiert. Das Straßennetz der Stadt wurde aus Daten von OpenStreetMap erstellt und in nachgelagerten Arbeitsschritten bereinigt. Für die Verkehrsnachfrage stand eine umfangreiche Datengrundlage zur Verfügung, die aus der deutschlandweiten Verkehrserhebung Mobilität in Deutschland (MiD) generiert wurde. Die Haltepunkte und Fahrten des ÖPNV wurden aus Planungsdaten der Braunschweiger Verkehrsbetriebe konvertiert.

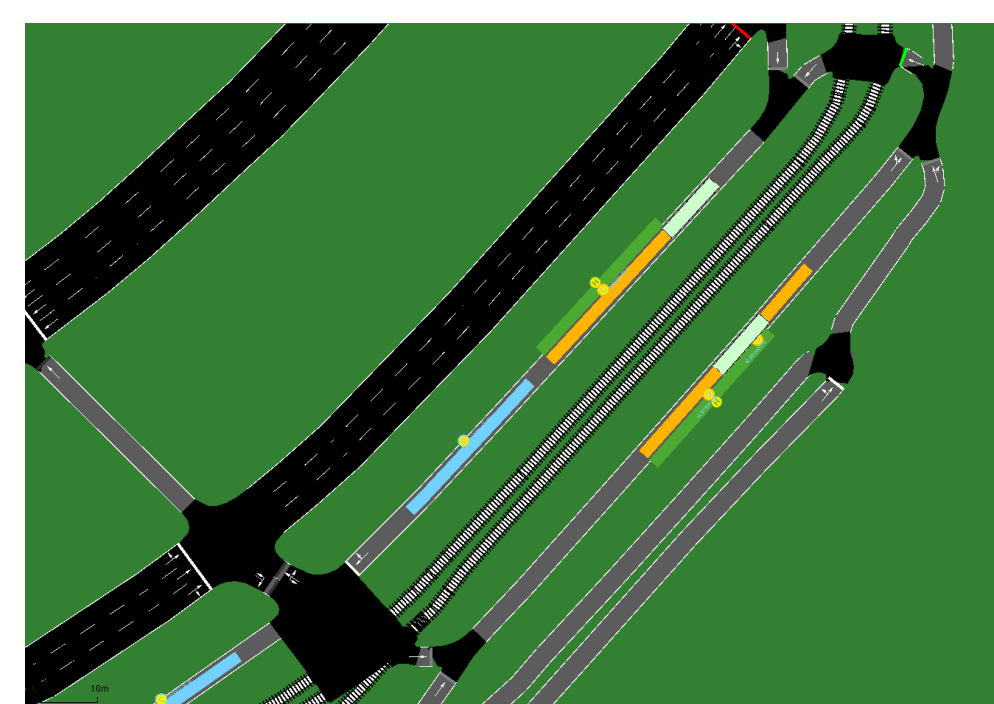
Die Verkehrssimulation wurde mit Hilfe der im Projekt entwickelten Software an das ITCS angebunden. Diese Software entnimmt der Simulation die benötigten Daten über TraCI, bereitet sie entsprechend auf und leitet sie über SIRI-VM ans ITCS weiter. Umgekehrt empfängt SUMO die Ladeempfehlungen vom ITCS, die ursprünglich vom Lastmanagement stammen.



SUMO-Simulation des Braunschweiger Innenstadtrings

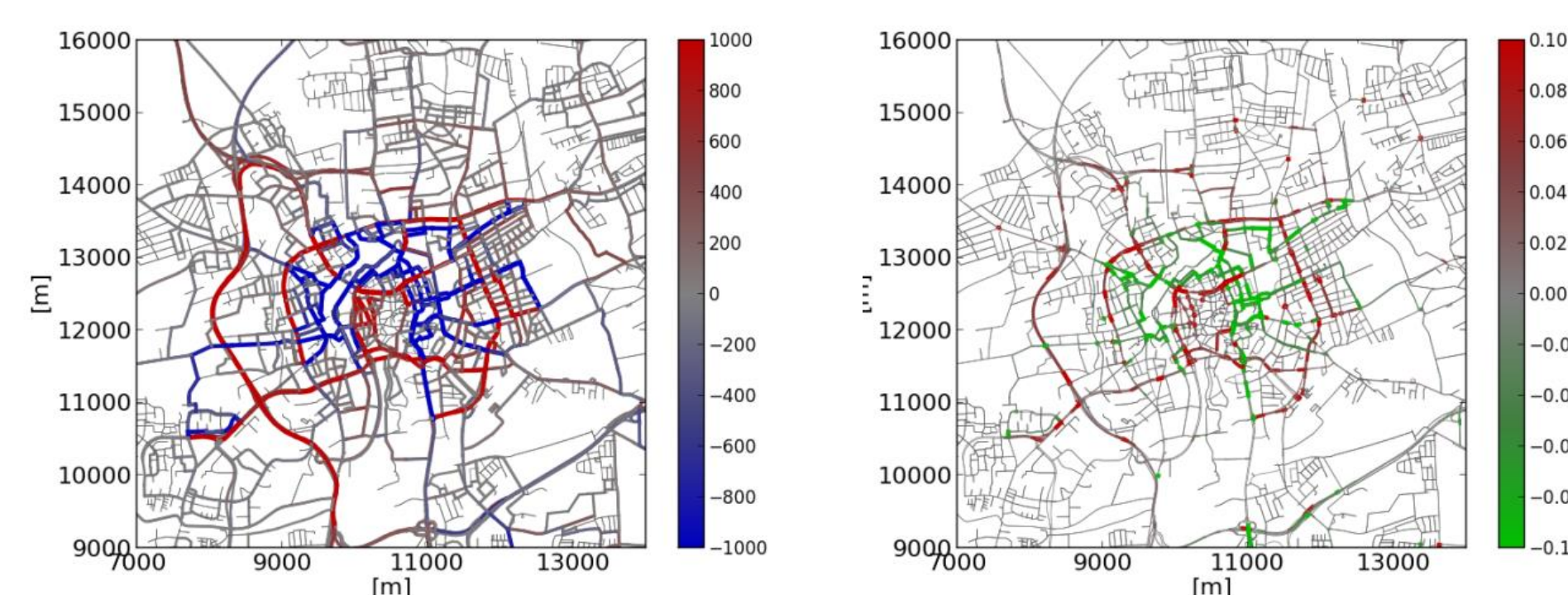
#### (4) Elektromobilität

SUMO besitzt ein integriertes Modell für Elektromobilität. Dazu gehört ein Modell für Elektrofahrzeuge, inklusive Batterie- und Verbrauchseigenschaften, sowie die Simulation von Ladevorgängen an Ladestellen. Es besteht die Möglichkeit, sowohl konduktives als auch induktives Laden abzubilden.



Ladestellen

SUMO besitzt außerdem ein Emissionsmodell, das basierend auf dem Fahrverhalten der simulierten Fahrzeuge die Menge der emittierten Schadstoffe (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> usw.) dynamisch berechnet. Im Zusammenspiel mit dem Elektromobilitätsmodell sind somit Vorher-Nachher-Vergleiche von Schadstoffemissionen möglich.



Verändertes Verkehrsaufkommen (links), veränderte Emissionen (rechts)

#### (6) Ausblick

Zur Verbesserung der Modellierung von Elektromobilität und Emissionen sind einige Erweiterungen in SUMO denkbar:

- Modellierung der V2X-Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur



Road-Side-Unit (RSU) zur Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation

- Verbessertes Lademodell
  - Bereiche nicht-linearen Ladens im Modell berücksichtigen
- Integration eines Ausbreitungsmodells für Emissionen

### Publikationen

Vorstellung des Projektes und der jeweils erzielten Ergebnisse auf Konferenzen:



European Simulation and Modeling (2016, 2017, 2018)



Scientific and Technical Conference „Transport Systems. Theory and Practice“ (2016, 2017)



ITS World Congress (2017)



Industrial Simulation Conference (2018)

### Partner



### Projektdaten

Gefördert durch:



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Projektbeginn: 01.01.2016  
Projektende: 30.06.2019

Durchgeführt vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Verkehrssystemplanung, Berlin



DLR Projekttträger

